

# Morphometric relationships between the upper respiratory tract and the craniofacial bone structures

## Wzajemne relacje morfometryczne górnych dróg oddechowych i struktur kostnych twarzoczaszki

Marta Twardokęs<sup>1</sup>, Zbigniew Paluch<sup>2</sup>, Karolina Stelmańska<sup>3</sup>, Katarzyna Ura-Sabat<sup>4</sup>, Marta Gamrot-Wrzoł<sup>5</sup>, Maciej Zieliński<sup>5</sup>, Maciej Misiołek<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Praktyka prywatna Brzękowiec Górne, Polska  
Dental Practice, Brzękowiec Górne, Poland  
Head: lek. dent. M. Twardokęs

<sup>2</sup> Praktyka prywatna, Racibórz, Polska  
Dental Practice, Racibórz, Poland  
Head: lek. dent. Z. Paluch

<sup>3</sup> Praktyka prywatna, Dąbrowa Górnicza, Polska,  
Dental Practice, Dąbrowa Górnicza, Poland  
Head: lek. dent. K. Stelmanska

<sup>4</sup> Klinika Otolaryngologii, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. Fryderyka Chopina, Rzeszów, Polska  
Clinical Department of Otolaryngology, The F. Chopin Regional Clinical Hospital No.1 in Rzeszów, Poland  
Head: dr A. Pogorzelski

<sup>5</sup> Katedra i Oddział Kliniczny Otorinolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej, Śląski Uniwersytet Medyczny, Zabrze, Polska  
ENT Department in Zabrze, Medical University of Silesia, Poland  
Head: prof. M. Misiołek

### Abstract

**Introduction.** Morphological correlations of bone structures of the facial skeleton and the cervical spine with the upper respiratory tract (URT) have been the topic of scientific studies carried out for some years now. Correlations between URT morphology and the age of the evaluated patients have been proven by numerous studies. The literature shows that URT is characterized by the occurrence of sexual dimorphism in the evaluated individuals, along different age groups. URT dimensions are also differentiated depending on which of the three skeletal classes a patient belongs to. **Aim of the study.** To design multidimensional models, taking into account the evaluated individuals' age, sex and skeletal class to describe morphological relations between the oropharynx and laryngopharynx and the upper face and the carotid vertebrae. **Material and Methods.** The study comprised 229 persons and was a retrospective one. The inclusion criteria were availability of lateral

### Streszczenie

**Wstęp.** Morfologiczne korelacje struktur kostnych twarzoczaszki i szyjnego odcinka kręgosłupa z górnymi drogami oddechowymi (GDO) od lat stanowią temat badań naukowych. Istnienie korelacji między morfologią GDO a wiekiem osób badanych potwierdzają liczne badania. W piśmiennictwie wykazano, iż morfometria GDO charakteryzuje się występowaniem dymorfizmu płciowego u badanych w różnych przedziałach wieku. Wymiary GDO różnicują się również w zależności od przynależności osób badanych do jednej z trzech klas szkieletowych. **Cel.** Celem pracy było stworzenie modeli wielowymiarowych, które uwzględniając wiek, płeć i klasę szkieletową osób badanych opisywałyby morfologiczne zależności między ustną a kraniową częścią gardła oraz górnym piętrzem twarzy a szyjnym odcinkiem kręgosłupa. **Materiał i metody.** Do badania zakwalifikowano 229 osób. Badanie miało charakter retrospektywny. Do kryteriów włączających należała obecność zdjęć kefalometrycznych bocznych (LCR)

**KEYWORDS:**  
larynx, maxilla, cephalogram

**HASŁA INDEKSOWE:**  
gardło, szczęka, cefalogram

cephalometric radiographs (LCR) and information of chronological age and gender of a patient. Excluded from the study were individuals with the history of orthodontic treatment, surgical procedures within head and neck and patients with chilionathopalatoschisis.

**Results.** The statistical analysis performed pointed to significant relations between the given dependent and independent variables. **Conclusions.** In patients who underwent orthognathic maxillary surgery, designing management to preserve the position of maxilla and the incisors should be considered. Also in males with the skeletal Class III the treatment plan could introduce the preservation procedures. Management of skeletal Class II and III should take into consideration the non-extraction management of the maxillary dentition. In males showing high maxillary teeth crowding index, treatment should not alter the upper facial height, comprising also a relevant stable preservation therapy.

## Introduction

Morphological correlations of craniofacial and cervical spine bone structures with the upper respiratory tract (URT) have been the focus of scientific studies for many years now. The literature points to some studies illustrating relations between the URT dimensions and morphology of the craniofacial hard tissues,<sup>1-3</sup> as well as investigations showing changes in URT dimensions resulting from orthodontic procedures.<sup>4,5</sup>

The correlation between URT morphology and age of the evaluated individuals has been confirmed by numerous studies.<sup>6-8</sup> They pointed to statistically significant relations between the age of evaluated individuals and the length of the soft palate or the length of the larynx.<sup>9</sup> Also increased width of the upper larynx at the level of the soft palate and increased depth of the larynx have been significantly correlated with age.<sup>10,11</sup> Age correlations are observed also in the values of such variables as the maximum laryngeal surface area, approximate surface area, and the larynx volume, which decrease along with age in individuals in the reclining position.<sup>8</sup>

The literature indicated that the URT morphometry is characterized by sexual dimorphism in the evaluated individuals, across

oraz informacja o wieku chronologicznym i płci pacjenta. Z badania wykluczono osoby po przebytych leczeniu ortodontycznym, przebytych operacjach chirurgicznych w obrębie głowy i szyi oraz osoby z rozszczepem wargi i podniebienia. **Wyniki.** Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy statystycznej widoczne jest występowanie istotnych statystycznie zależności pomiędzy określonymi zmiennymi zależnymi a niezależnymi. **Wnioski.** U osób poddawanych operacji ortognatycznej na szczęce należałoby rozważyć możliwość zaplanowania leczenia utrzymującego pozycję szczęki oraz siekaczy. Również u mężczyzn z III klasą szkieletową w planie leczenia należałoby rozważyć wprowadzenie leczenia utrzymującego. Planując leczenie osób z II i III klasą szkieletową należałoby rozważyć nieekstrakcyjną terapię w uzębieniu szczęki. U mężczyzn z wysokim wskaźnikiem stłoczenia w uzębieniu szczęki, należałoby zaplanować leczenie w sposób niezmienny wysokości górnego piętra twarzy oraz uwzględniający odpowiednio stabilne leczenie utrzymujące.

## Wstęp

Morfologiczne korelacje struktur kostnych twarzoczaszki i szyjnego odcinka kręgosłupa z górnymi drogami oddechowymi (GDO) od lat stanowią temat badań naukowych. W piśmiennictwie odnaleźć możemy badania pokazujące istnienie zależności pomiędzy wymiarami GDO a morfologią tkanek twardych twarzoczaszki<sup>1-3</sup> oraz badania pokazujące zmiany zachodzące w wymiarach GDO pod wpływem leczenia ortodontycznego.<sup>4,5</sup>

Istnienie korelacji między morfologią GDO a wiekiem osób badanych potwierdzają liczne badania.<sup>6-8</sup> Pokazują one istnienie istotnych statystycznie zależności pomiędzy wiekiem osób badanych a długością podniebienia miękkiego czy długością gardła.<sup>9</sup> Również wzrost szerokości w górnej części gardła na poziomie podniebienia miękkiego oraz wzrost głębokości gardła są istotnie skorelowane z wiekiem.<sup>10,11</sup> Korelacje z wiekiem wykazują również wartości takich zmiennych, jak maksymalna powierzchnia gardła, średnia powierzchnia gardła oraz objętość gardła, które maleją wraz z jego wzrostem u osób w pozycji leżącej.<sup>8</sup>

W piśmiennictwie wykazano, iż morfometria GDO charakteryzuje się występowaniem dymorfizmu płciowego u badanych w różnych przedziałach wieku.<sup>1,6-8,10,12-16</sup> Mężczyźni wykazują

different age groups.<sup>1,6-8,10,12-16</sup> Compared to females, males show higher values of the larynx length, surface area and volume, and higher values of the soft palate surface area.<sup>17</sup> Women, on the other hand, show higher values of the larynx width at the mandibular level.<sup>11</sup> Differences depending on gender are also observed in some selected variables of the facial skeleton.<sup>18-21</sup>

The URT dimensions are also differentiated depending on one out of three skeletal classes that an evaluated individual belongs to.<sup>22,15,16</sup> This has been confirmed by studies indicating significant correlation between the ANB angle and the surface area of the oropharynx.<sup>23</sup> The literature also showed that individuals with skeletal Class III and I had greater dimensions of the oropharynx and the laryngopharynx as well as palatopharynx, as compared with individuals with skeletal Class II.<sup>24,25</sup> Such relations were confirmed by another study.<sup>22</sup> Only the values of the laryngopharyngeal dimensions did not differ significantly among the given skeletal classes.<sup>22</sup>

Simultaneous diagnosis of the craniofacial and URT morphometry has been possible thanks to lateral cephalometric radiography (LCR). The literature quotes some studies showing that linear and some selected angular measurements do not differ significantly from two-dimensional images obtained with the use of cone beam computed tomography (CBCT).<sup>26</sup> Other advantages supporting the use of LCR in routine orthodontic diagnostics are the repeatability of results,<sup>27,28</sup> as well as low X-ray dose.<sup>29-31</sup> Those are in accordance with the guidelines presented by SEDENTEXCT (Safety and Efficacy of a New and Emerging Dental X-ray Sodality).<sup>32</sup> It has been suggested to restrict the use of 3-D images to circumstances in which the data obtained could potentially enhance effects of orthodontic treatment.<sup>31,33</sup> This opinion has been supported by the American Association of Orthodontists, American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology<sup>34</sup> and Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology.<sup>35</sup>

The evidence proving the correlation between the upper respiratory tract and the craniofacial bone structures may contribute to orthodontic treatment,

w porównaniu do kobiet większe wartości długości gardła, powierzchni i jego objętości oraz większą wartość powierzchni podniebienia miękkiego.<sup>17</sup> Kobiety, natomiast mają większe wartości szerokości gardła na poziomie żuchwy.<sup>11</sup> Różnice płciowe są także widoczne w wybranych wartościach zmiennych twarzoczaszki.<sup>18-21</sup>

Wymiary GDO różnicują się również w zależności od przynależność osób badanych do jednej z trzech klas szkieletowych.<sup>22,15,16</sup> Potwierdzają to badania, wykazujące istnienie istotnych korelacji wartości kąta ANB z powierzchnią części ustnej gardła.<sup>23</sup> W piśmiennictwie wykazano także, że osoby odpowiednio z III i I klasą szkieletową mają większe wartości wymiarów części ustnej i krtaniowej gardła oraz palatopharynx w odniesieniu do osób z II klasą szkieletową.<sup>24,25</sup> W innym badaniu potwierdzono powyższe zależności.<sup>22</sup> Jedynie wartości wymiarów krtaniowej części gardła nie różniły się istotnie pomiędzy określonymi klasami szkieletowymi.<sup>22</sup>

Jednoczesne diagnozowanie morfometrii twarzoczaszki oraz GDO możliwe jest między innymi dzięki stosowaniu zdjęć cefalometrycznych bocznych (LCR). W piśmiennictwie istnieją badania wskazujące, iż pomiary liniowe oraz określone pomiary katowe nie wykazują istotnych różnic w porównaniu z obrazami dwuwymiarowymi uzyskanymi z cone beam computed tomography (CBCT).<sup>26</sup> Dodatkowym argumentem za powszechnym stosowaniem LCR w rutynowej diagnostyce ortodontycznej jest ich powtarzalność<sup>27,28</sup> oraz niska dawka promieniowania rentgenowskiego.<sup>29-31</sup> Jest to w zgodzie z wytycznymi stworzonymi przez SEDENTEXCT (Safety and Efficacy of a New and Emerging Dental X-ray Sodality).<sup>32</sup> Sugerowane jest, aby stosowanie obrazów trójwymiarowych było zarezerwowane do sytuacji, w których uzyskane dzięki nim dane zwiększą efekty leczenia ortodontycznego.<sup>31,33</sup> Z założeniami tymi zgadzają się takie towarzystwa jak Amerykańskie Towarzystwo Ortodontyczne, American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology<sup>34</sup> czy Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology.<sup>35</sup>

Wykazanie korelacji górnych dróg oddechowych i kostnych struktur twarzoczaszki może

**Table 1.** Characteristics of the test group

Gender	Number of individuals	Skeletal Class	Number of individuals within each skeletal class	Chronological age (years)	Skeletal age
Male	99	I	33	9 ± 8.3	3.3 ± 1.6
		II	31	13.5 ± 7.3	4 ± 1.4
		III	35	14.9 ± 11.2	3.5 ± 1.6
Female	130	I	64	13.8 ± 7.2	3.8 ± 1.6
		II	48	17.6 ± 9.1	4.4 ± 1.7
		III	18	15.6 ± 7.6	4.3 ± 1.4

orthognathic surgery as well as management of obstructive sleep apnea (OSA) or therapies for stertorous patients.

### Aim of the study

The aim of the study was to design multidimensional models taking into account age, sex and skeletal class of the evaluated individuals to describe morphological relations between the oropharynx and laryngopharynx, the upper face and the cervical spine.

### Material and Methods

There were 229 orthodontic patients treated at the Zbigniew Paluch Dental Clinic in Racibórz who qualified for the study. The study was a retrospective one and was approved by the Bioethics Committee, Medical University of Silesia. The inclusion criteria were the availability of LCR and data concerning chronological age and patient's gender. Excluded from the study were individuals with history of orthodontic treatment, surgical procedures within head and neck area and patients with chilogathopalatoschisis. Based on McNamara's classification of skeletal defects (McNamara 1984), the patients were divided into three groups. The characteristics of the test group are presented in Table 1.

Linear cephalometric measurements of the oropharynx and the laryngopharynx, as well as linear and angular measurements of the upper face and the cervical spine, were taken on the

to have application both in the treatment of orthodontic, orthognathic surgery, as well as in the therapy of individuals with obstructive sleep apnea (OSA) or snoring.

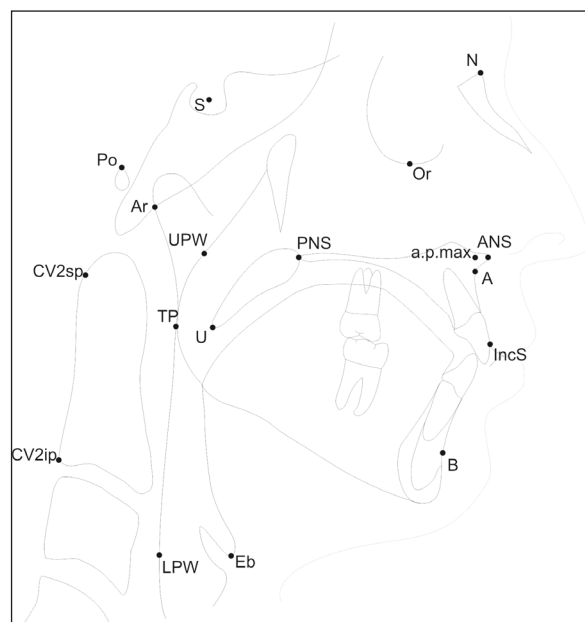
### Cel pracy

Celem pracy było stworzenie modeli wielowymiarowych, które uwzględniając wiek, płeć i klasę szkieletową osób badanych opisywałyby morfologiczne zależności między ustną a kraniową częścią gardła oraz górnym piętrem twarzy a szyjnym odcinkiem kręgosłupa.

### Materiał i metody

Spośród pacjentów leczonych ortodontycznie w NZOZ Dentystyka Zbigniew Paluch w Raciborzu do badania zakwalifikowano 229 osób. Badanie miało charakter retrospektywny i zostało zatwierdzone przez Komisję Bioetyczną Śląskiego Uniwersytetu Medycznego. Do kryteriów włączających należała obecność LCR oraz informacja o wieku chronologicznym i płci pacjenta. Z badania wykluczono osoby po przebytym leczeniu ortodontycznym, przebytych operacjach chirurgicznych w obrębie głowy i szyi oraz osoby z rozszczepem wargi i podniebienia. Pacjenci na podstawie klasyfikacji wad szkieletowych według metody McNamara (McNamara 1984) zostali podzieleni na 3 grupy. Charakterystykę grupy badanej przedstawiono w tabeli 1.

Pomiarów cefalometrycznych liniowych ustnej i kraniowej części gardła oraz pomiarów linio-



**Fig. 1.** Cephalometric points used in the study.  
Punkty cefalometryczne użyte w badaniu.

basis of calibrated LCR radiographs with the use of DesignCAD software associated with the Orto-ZPaluch, Racibórz, Poland. The diagnostic LCR images were taken, following a uniform procedure prior to orthodontic treatment, with the use of Digital X-ray Imaging System, Vatech Dental Manufacturing Ltd., Korea. The cephalometric points used for the study are illustrated in Fig. 1.

Normality of distribution of continuous variables was evaluated by Shapiro-Wilk test. The independent variables assumed for statistical analysis were the linear and angular parameters of the facial skeleton: A-N-B, S-N-A, Ar-S-N, NSL-NL, IncS-A, a.p.max-PNS, S-Ar and the angular dimension of the cervical spine: OPTS (angle between the straight line defined as CV2ip-CV2sp and S-N line). The dependent variables were the linear parameters of the pharynx: McNamara-McNamara1 (McN-McN1), the lowest linear distance from the posterior contour of the soft palate to the posterior laryngeal wall, middle pharyngeal wall (MPW), linear distance between U and TP points; TP – structural point of the intersection of the posterior laryngeal wall and a line parallel to Po-Or plane passing through U point in the medial plane; U-PNS – linear distance between U and PNS

wych i kątowych górnego piętra twarzy i szyjnego odcinka kręgosłupa dokonano na podstawie skalibrowanych zdjęć LCR za pomocą programu DesignCAD w połączeniu z Orto-ZPaluch, Racibórz, Polska. Zdjęcia diagnostyczne LCR były wykonywane w sposób ujednolicony, przed leczeniem ortodontycznym, za pomocą aparatu Digital X-ray Imaging System, Vatech Dental Manufacturing Ltd, Korea. Punkty cefalometryczne wykorzystane w badaniu przedstawiono na rysunku 1.

Do oceny normalności rozkładu zmiennych ciągłych wykorzystano test Shapiro-Wilka. Jako zmienne niezależne, w analizie statystycznej, wykorzystywano parametry liniowe i kątowe twarzoczaszki: A-N-B, S-N-A, Ar-S-N, NSL-NL, IncS-A, a.p.max-PNS, S-Ar oraz wymiar kątowy kręgosłupa szyjnego: OPTS (kąt zawarty między prostą CV2ip-CV2sp a prostą S-N). Jako zmienne zależne wykorzystano natomiast parametry liniowe gardła: McNamara-McNamara1 (McN-McN1), najmniejsza liniowa odległość mierzona od tylnego zarysu podniebienia miękkiego do tylnej ściany gardła, MPW – Middle pharyngeal wall, liniowa odległość pomiędzy punktami U i TP; TP – punkt konstrukcyjny przecięcia tylnej ściany gardła z prostą równoległą do płaszczyzny Po-Or przechodzącą przez punkt U w płaszczyźnie pośrodkowej, U-PNS – liniowa odległość od punktu U do punktu PNS, długość podniebienia miękkiego, LPW – Lower pharyngeal wall, liniowa odległość od punktu Eb do punktu LPW (krtaniowa przestrzeń gardła); LPW – punkt przecięcia tylnej ściany gardła z prostą równoległą do prostej Po-Or, przechodzącą przez punkt Eb w płaszczyźnie pośrodkowej, VAL – Vertical airway length pionowa długość gardła, mierzona od punktu PNS do punktu Eb. Wzajemne zależności pomiędzy zmiennymi niezależnymi a zależnymi analizowano wykorzystując wartości współczynnika korelacji rang Spearmana (R). Zmienne niezależne testowano w modelach wstecznej regresji krokowej. Obliczano współczynniki regresji (B\*) i parametry kierunkowe równania regresji (B) wraz z ich błędami standardowymi, błędem standardowym estymacji oraz współczynnikiem determinacji (R<sup>2</sup>). Parametry wykorzystano do stworzenia

**Table 2.** Statistically significant relations between dependent and independent variables

Dependent variables (laryngeal)	Gender	Skeletal Class	Independent variables	R <sup>2</sup>
McN-McN1	Male	I	Chronological age, NSL-NL	60%
	Female	III	Ar-S-N, a.p.max-PNS	68%
MPW	Female	III	IncS-A	62%
U-PNS	Female	III	S-N-A (additionally included Ar-S-N)	95%
LPW	Male	I	Skeletal age, OPTS	70%
	Male	III	A-N-B, S-Ar, OPTS	67%
	Female	III	S-N-A	92%
VAL	Male	I	Skeletal age	76%
	Male	II	Chronological age	78%

points, length of the soft palate, lower pharyngeal wall (LPW); linear distance between Eb point and LPW point (laryngopharyngeal space); LPW – intersection point of the posterior laryngeal wall with a line parallel to Po-Or straight line passing through Eb point in the medial plane and VAL – vertical airway length, measured from PNS to Eb points. Interrelations between independent and dependent variables were evaluated with the use of Spearman's rank correlation coefficient (R). Independent variables were tested in backward stepwise regression models. Calculations comprised regression coefficients (B\*) and the directional parameters of regression equation (B) along with the standard error, estimation standard error and determination coefficient (R<sup>2</sup>). The parameters were used to draw regression equations, which would then enable estimation of actual values of dependent parameters. The statistical analysis was performed with the use of Statistica 10 software package (StatSoft, USA) while the statistical significance level accepted for all the tests performed was  $p \leq 0.05$ .

## Results

The statistical analysis pointed to significant relations between the given dependent and independent variables. Table 2 presents the

równań regresji, w oparciu na których możliwe było oszacowanie rzeczywistych wartości zmiennych zależnych. Do obliczeń statystycznych wykorzystano pakiet Statistica 10 (StatSoft, USA), jako poziom istotności statystycznej wszystkich testów przyjęto wartość  $p \leq 0,05$ .

## Wyniki

Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy statystycznej widoczne jest występowanie istotnych statystycznie zależności pomiędzy określonymi zmiennymi zależnymi a niezależnymi. W tabeli 2 przedstawiono uzyskane istotne statystycznie wyniki, dla których współczynnik dopasowania modelu regresji wielorakiej przekraczał 60%.

## Dyskusja

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono istnienie statystycznie istotnych zależności występujących pomiędzy zmiennymi gardłowymi a zmiennymi kostnymi twarzoczaszki i odcinka szyjnego kręgosłupa. Jednakże istnienie powyższych korelacji w piśmiennictwie nie zostało jednoznacznie rozstrzygnięte.<sup>36-38</sup>

Wzajemne istotne statystycznie relacje zmiennej McN-McN1 z wiekiem zarówno szkieletowym, jak i chronologicznym osób badanych można wytłumaczyć wpływem wymiaru gru-

obtained statistical results where the matching rate for multiple regression models exceeded 60%.

## Disussion

The obtained results pointed to statistically significant relations between the laryngeal variables and the craniofacial and cervical vertebrae bone variables. Nevertheless, the literature brings no explicit support of such correlations.<sup>36-38</sup>

Statistical interrelations of McN-McN1 variable along with the skeletal and chronological age of the evaluated individuals may be explained by the effect of the soft palate thickness. The soft palate thickness (SPalTh) growing with age was proved by Johnston et al.<sup>39</sup> They also observed significant decrease of apw2-ppw2 variable with age.

The absence of statistical correlation between McN-McN1 and S-N-A and A-N-B variables in this study supports the results obtained by Alves et al.<sup>40</sup> The authors evaluated individuals classified into two groups depending on their ANB angle values. They showed no statistical correlation between ANB and SNA variables and PAS-UP variable.

Correlation between URT variables and the position of the upper central incisors was shown in this study in women with skeletal Class III and found support in the available literature.<sup>41</sup>

Statistical interrelations between variables of the cervical spine and those of URT were shown in this study for the LPW variable. Such correlations have been confirmed by the available literature.<sup>2,42</sup> On the other hand, no statistically significant relations between the V-LPW variable and SNA angle were observed in Caucasian group aged 12 years, by Gu et al.<sup>2</sup> Their results correspond in part to the present study which showed the absence of relations between the LPW variable and S-N-A angle in individuals with skeletal Class I and II.

The obtained results pointed to statistical relation between the VAL variable and the skeletal or chronological age. Ronen et al.<sup>7</sup> demonstrated that gender and age were two major factors affecting UAL scores, which may be indirectly compared to VAL used in the present study. The authors investigated healthy children, divided into two age-dependent groups with the use of CT-scanning.

bości podniebienia miękkiego. Zwiększanie się wraz z wiekiem grubości podniebienia miękkiego SPalTh zostało wykazane przez Johnston i wsp.<sup>39</sup> Stwierdzili oni również, iż zmienna apw2-ppw2 maleje istotnie z wiekiem.

Brak istotnych korelacji zmiennej McN-McN1 ze zmiennymi S-N-A i A-N-B w prezentowanym tu badaniu, potwierdza wyniki uzyskane przez Alves i wsp.<sup>40</sup> Autorzy badali osoby podzielone ze względu na wartość kąta ANB na dwie grupy. Wykazali brak istotnej statystycznie korelacji pomiędzy dwoma zmiennymi: ANB i SNA a zmienną PAS-UP.

Istnienie korelacji pomiędzy zmiennymi GDO a położeniem górnych centralnych siekaczy możemy odnaleźć zarówno w wynikach uzyskanych w tym badaniu u kobiet z III klasą szkieletoową, jak również w istniejącym piśmiennictwie.<sup>41</sup>

Istotne wzajemne związki pomiędzy zmiennymi szyjnego odcinka kręgosłupa oraz zmiennymi GDO wykazano w tym badaniu dla zmiennej LPW. Występowanie tych korelacji znajduje swoje potwierdzenie w piśmiennictwie.<sup>2,42</sup> Natomiast brak istotnych związków między zmienną V-LPW a kątem SNA w grupie populacji kaukaskiej w wieku 12 lat stwierdzili Gu i wsp.<sup>2</sup> Wyniki te częściowo pokrywają się z opisywanym tu badaniem, w którym wykazano brak związków zmiennej LPW z kątem S-N-A u osób z I i II klasą szkieletoową.

Uzyskane w tym badaniu wyniki, wykazały istnienie istotnej zależności pomiędzy zmienną VAL a wiekiem szkieletoowym lub chronologicznym. Ronen i wsp.<sup>7</sup> uważają, iż płeć i wiek są dwoma najważniejszymi czynnikami wpływającymi na wartość UAL, którą możemy pośrednio przyrównać do użytej w tym badaniu zmiennej VAL. Autorzy przeprowadzili badanie na zdrowych dzieciach, podzielonych na dwie grupy w zależności od wieku, z wykorzystaniem tomografii komputerowej.

Istnienie istotnej korelacji między zmienną VAL a wiekiem u mężczyzn z I i II klasą szkieletoową potwierdzają pośrednio wyniki uzyskane przez Shigeta i wsp.<sup>6</sup> Autorzy przedstawili występowanie istotnych wzajemnych relacji pomiędzy zmienną TOL, mierzoną od punktu PNS do

Statistical correlation between VAL and the age of men with skeletal Class I and II was indirectly supported by results obtained by *Shigeta et al.*<sup>6</sup> The authors demonstrated significant interrelations between the TOL variable, measured from PNS point to the peak of the epiglottis, and age in the evaluated male group.<sup>6</sup>

Correlations were demonstrated between morphology of the upper face and dimensions of the oropharynx and laryngopharynx and the cervical spine. The size of such relations is determined by gender, age and skeletal class.

Results obtained during this study demonstrate the strongest correlations of dependent variable values with those of independent variables in the group of females with skeletal Class III. Recognition of such relations may prove helpful in the design and accomplishment of orthodontic therapies in skeletal face defects and in orthognathic surgery, also beneficial for stertorous patients and those with obtrusive sleep apnea.

## Conclusions

The results obtained allow for the following conclusions:

1. Females with skeletal Class III show statistical correlation between a.p.max-PNS, S-N-A and IncS-A, and URT variables.
2. Men with skeletal Class I show significant interrelations of NSL-NL with URT. In men with skeletal Class III, the A-N-B relation is significantly strongly related to URT.
3. In patients undergoing orthognathic maxillary surgeries, design management preserving position of the maxilla and the incisors should be considered. Also in males with the skeletal Class III the treatment plan could introduce the preservation procedures.
4. Treatment of patients with skeletal Class II and III should take into consideration the non-extraction management of the maxillary dentition.
5. In men showing high maxillary teeth crowding index, treatment should not alter the upper facial height, comprising also a relevant stable preservation therapy.

szczytu nagłośni, a wiekiem w grupie badanych mężczyzn.<sup>6</sup>

Wykazano występowanie zależności pomiędzy morfologią górnego piętra twarzy a wymiarami części ustnej i krtaniowej gardła oraz odcinkiem szyjnym kręgosłupa. Wielkość tych zależności jest determinowana płcią, wiekiem i klasą szkieletową.

Na podstawie wyników uzyskanych w tym badaniu widoczne jest, że najsilniejsze korelacje wartości zmiennych zależnych, z wartościami zmiennych niezależnych występują w grupie kobiet z III klasą szkieletową. Znajomość tych zależności może być pomocna w planowaniu i przeprowadzeniu leczenia ortodontycznego wad szkieletowych twarzy i chirurgii ortognatycznej oraz może mieć korzystny wpływ w postępowaniu z chorymi chrapiącymi i z obturacyjnym bezdechem sennym.

## Wnioski

Uzyskane wyniki badań pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. U kobiet z III klasą szkieletową istnieją istotne korelacje między a.p.max-PNS, S-N-A oraz IncS-A a zmiennymi GDO.
2. U mężczyzn z I klasą szkieletową występują istotne wzajemne zależności NSL-NL z GDO. U mężczyzn z III klasą szkieletową relacja A-N-B ma istotne, wysokie związki zależne z GDO.
3. U osób poddawanych operacji ortognatycznej na szczęce należałoby rozważyć możliwość zaplanowania leczenia utrzymującego pozycję szczęki oraz siekaczy. Również u mężczyzn z III klasą szkieletową w planie leczenia należałoby rozważyć wprowadzenie leczenia utrzymującego.
4. Planując leczenie osób z II i III klasą szkieletową należałoby rozważyć nieekstrakcyjną terapię w uzębieniu szczęki.
5. U mężczyzn z wysokim wskaźnikiem stłoczenia w uzębieniu szczęki, należałoby zaplanować leczenie w sposób niezmienny wysokości górnego piętra twarzy oraz uwzględniający odpowiednie stabilne leczenie utrzymujące.



## References

- Mislik B, Hänggi MP, Signorelli L, Peltomäki TA, Patcas R: Pharyngeal airway dimensions: a cephalometric, growth-study-based analysis of physiological variations in children aged 6-17. *Eur J Orthod* 2014; 36: 331-339.
- Gu M, McGrath CP, Wong RW, Hägg U, Yang Y: Cephalometric norms for the upper airway of 12-year-old Chinese children. *Head Face Med* 2014; 10: 38.
- Paul D, Varma S, Ajith VV: Airway in Class I and Class II skeletal pattern: A computed tomography study. *Contemp Clin Dent* 2015; 6: 293-298.
- Kiliç AS, Arslan SG, Kama JD, Özer T, Dari O: Effects on the sagittal pharyngeal dimensions of protraction and rapid palatal expansion in Class III malocclusion subjects. *Eur J Orthod* 2008; 30: 61-66.
- Oktay H, Ulukaya E: Maxillary Protraction Appliance Effect on the Size of the Upper Airway Passage. *Angle Orthod* 2008; 78: 209-214.
- Shigeta Y, Ogawa T, Venturin J, Nguyen M, Clark GT, Enciso R: Gender- and age-based differences in computerized tomographic measurements of the oropharynx. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106: 563-570.
- Ronen O, Malhotra A, Pillar G: Influence of gender and age on upper-airway length during development. *Pediatrics* 2007; 120: e1028-1034.
- Martin SE, Mathur R, Marshall I, Douglas NJ: The effect of age, sex, obesity and posture on upper airway size. *Eur Respir J* 1997; 10: 2087-2090.
- Malhotra A, Huang Y, Fogel R, Lazic S, Pillar G, Jakab M, et al.: Aging influences on pharyngeal anatomy and physiology: the predisposition to pharyngeal collapse. *Am J Med* 2006; 119: 72.e9-14.
- Sheng CM, Lin LH, Su Y, Tsai HH: Developmental changes in pharyngeal airway depth and hyoid bone position from childhood to young adulthood. *Angle Orthod* 2009; 79: 484-490.
- Gonçalves Rde C, Raveli DB, dos Santos-Pinto A: Effects of age and gender on upper airway, lower airway and upper lip growth. *Braz Oral Res* 2011; 25: 241-247.
- Samman N, Mohammadi H, Xia J: Cephalometric norms for the upper airway in a healthy Hong Kong Chinese population. *Hong Kong Med J* 2003; 9: 25-30.
- Shastri D, Tandon P, Nagar A, Singh A: Cephalometric norms for the upper airways in a healthy North Indian population. *Contemp Clin Dent* 2015; 6: 183-188.
- Jiang Y-Y, Xu X, Su H-L, Liu D-X: Gender-related difference in the upper airway dimensions and hyoid bone position in Chinese Han children and adolescents aged 6-18 years using cone beam computed tomography. *Acta Odontol Scand* 2015; 73: 391-400.
- Abu Allhaja ES, Al-Khateeb SN: Uvulo-glossopharyngeal dimensions in different anteroposterior skeletal patterns. *Angle Orthod* 2005; 75: 1012-1018.
- Zheng ZH, Yamaguchi T, Kurihara A, Li HF, Maki K: Three-dimensional evaluation of upper airway in patients with different anteroposterior skeletal patterns. *Orthod Craniofac Res* 2014; 17: 38-48.
- Malhotra A, Huang Y, Fogel RB, Pillar G, Edwards JK, Kikinis R, et al.: The male predisposition to pharyngeal collapse importance of airway length. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 1388-1395.
- Stahl de Castrillon F, Baccetti T, Franchi L, Grabowski R, Klink-Heckmann U, McNamara JA: Lateral cephalometric standards of Germans with normal occlusion from 6 to 17 years of age. *J Orofac Orthop* 2013; 74: 236-256.
- Rosa WG, Navarro Rde L, Conti AC, Almeida MR, Oltramari-Navarro PV: Assessment of cephalometric characteristics in the elderly. *Braz Oral Res* [online]. 2015; 29: 1-9.
- Inada E, Saitoh I, Hayasaki H, Yamada C, Iwase Y, Takemoto Y, et al.: Cross-sectional growth changes in skeletal and soft tissue cephalometric landmarks of children. *Cranio* 2008; 26: 170-181.
- Avci S, Ergun T, Aydin E, Kansu L: Sex differences in adult craniofacial parameters. *Surg Radiol Anat* 2015; 37: 1069-1078.
- Claudino LV, Mattos CT, Ruellas AC, Sant'Anna EF: Pharyngeal airway characterization in adolescents related to facial skeletal pattern: a preliminary study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 143: 799-809.
- Ceylan I, Oktay H: A study on the pharyngeal size in different skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108: 69-75.
- Zhong Z, Tang Z, Gaoc X, Zeng X-L: A comparison study of upper airway among different skeletal craniofacial patterns in nonsnoring Chinese chil-

- dren. *Angle Orthod* 2010;80: 267-274.
25. Nanda M, Singla A, Negi A, Jaj HS, Mahajan V: The Association between maxillomandibular sagittal relationship and pharyngeal airway passage dimensions. *J Ind Orthod Soc* 2012; 46: 48-52.
  26. Kumar V, Ludlow J, Soares Cevidanes LH, Mol A: In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Angle Orthod* 2008; 78: 873-879.
  27. Malkoc S, Usumez S, Nur M, Donaghy CE: Reproducibility of airway dimensions and tongue and hyoid positions on lateral cephalograms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128: 513-516.
  28. van Vlijmen OJ, Maal T, Bergé SJ, Bronkhorst EM, Katsaros C, Kuijpers-Jagtman AM: A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010; 39: 156-160.
  29. Grünheid T, Kolbeck Schieck JR, Pliska BT, Ahmad M, Larson BE: Dosimetry of a cone-beam computed tomography machine compared with a digital x-ray machine in orthodontic imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012; 141: 436-443.
  30. Silva MAG, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E: Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: A radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133: 640.e1-5.
  31. Garib DG, Calil LR, Leal CR, Janson G: Is there a consensus for CBCT use in Orthodontics? *Dental Press J Orthod* 2014; 19: 136-149.
  32. SEDENTEXCT guidelines. Available at <http://www.sedentexct.eu>
  33. Oz U, Orhan K, Abe N: Comparison of linear and angular measurements using two-dimensional conventional methods and three-dimensional cone beam CT images reconstructed from a volumetric rendering program in vivo. *Dentomaxillofac Radiol* 2011; 40: 492-500.
  34. American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2013; 116: 238-257.
  35. Dula K, Bornstein M, Buser D, Dagassan-Berndt D, Filippi A, Hicklin S, et al.: SADMFR Guidelines for the Use of Cone-Beam Computed Tomography/Digital Volume Tomography. *Oral and maxillofacial surgery, temporomandibular joint disorders and orthodontics*. *Swiss Dent J* 2014; 124: 1170-1183.
  36. Di Carlo G, Polimeni A, Melsen B, Cattaneo PM: The relationship between upper airways and craniofacial morphology studied in 3D. A CBCT study. *Orthod Craniofac Res* 2015; 18: 1-11.
  37. Wang T, Yang Z, Yang F, Zhang M, Zhao J, Chen J, et al.: A three dimensional study of upper airway in adult skeletal Class II patients with different vertical growth patterns. *PLoS One* 2014, 22; 9: e95544.
  38. Trenouth MJ, Timms DJ: Relationship of the functional oropharynx to craniofacial morphology. *Angle Orthod*. 1999; 69: 419-423.
  39. Johnston CD, Richardson A: Cephalometric changes in adult pharyngeal morphology. *Eur J Orthod* 1999; 21: 357-362.
  40. Alves M Jr, Franzotti ES, Baratieri C, Nunes LK, Nojima LI, Ruellas AC: Evaluation of pharyngeal airway space amongst different skeletal patterns. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41: 814-819.
  41. Chen Y, Hong L, Wang CL, Zhang SJ, Cao C, Wei F, et al.: Effect of large incisor retraction on upper Airways morphology In adult bimaxillary protrusion patients. *Angle Orthod* 2012; 82: 964-970.
  42. Solow B, Skov S, Ovesen J, Norup PW, Wildschjødts G: Airway dimensions and head posture in obstructive sleep apnoea. *Eur J Orthod* 1996; 18: 571-579.
- Address: 35-055 Rzeszów, ul. Szopena 2  
Tel./Fax: +4817 8666361  
e-mail: [zbemalikp@gmail.com](mailto:zbemalikp@gmail.com)
- Received: 11<sup>th</sup> December 2016  
Accepted: 23<sup>rd</sup> December 2016